



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 19 150 A 1**

⑤ Int. Cl. 6:  
**G 02 B 6/122**  
G 02 B 6/12

⑳ Aktenzeichen: 198 19 150.2  
㉔ Anmeldetag: 24. 4. 98  
㉕ Offenlegungstag: 4. 11. 99

㉑ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

㉒ Erfinder:  
Petermann, Klaus, Prof. Dr., 13503 Berlin, DE;  
Moosburger, Rudolf, Dipl.-Ing., 12159 Berlin, DE

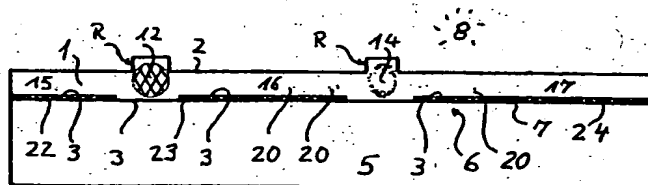
⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 42 34 486 C1  
DE 23 51 216 B2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Anordnung zur optischen Isolation mehrerer Lichtwellenleiter

⑤7 In einem Filmwellenleiter (1) sind mehrere Lichtwellenleiter als integrale nutzlichtführende Bereiche (12, 14) ausgebildet. Um die Bereiche (12, 14) gegeneinander optisch zu isolieren, ist zumindest eine wellenabsorbierende Schicht (23) zwischen den Bereichen (12, 14) auf zumindest einer horizontalen Grenzfläche (3) des Filmwellenleiters (1) aufgebracht.



## Beschreibung

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet integrierter optischer Bauteile, zu deren integralen Bestandteilen mehrere Lichtwellenleiter gehören. Die Lichtwellenleiter können ihrerseits Bestandteil elektrooptischer oder optischer Komponenten, beispielsweise Schalteinrichtungen, sein.

Bei auf der Basis von Streifen- oder Filmwellenleitern gebildeten integriert optischen Bauteilen kann es durch vagabundierendes Streulicht zu unerwünschten Nebensprecheffekten benachbarter Lichtwellenleiter und damit zu einer Beeinträchtigung der Übertragungsqualität oder der Funktionalität der die jeweiligen Lichtwellenleiter umfassenden Komponenten kommen. Diese Problematik tritt beispielsweise bei integrierten Schalter-Matrixanordnungen auf.

Die zwischen den Lichtwellenleitern bestehenden Verbindungen aus Filmwellenleitermaterial sind zunächst im Hinblick auf eine einfache Herstellung in Kauf zu nehmen. Um die vorgeschilderten Streulichte effekte zu unterdrücken, könnte erwogen werden, die zwischen nutzlchtführenden Bereichen (Lichtwellenleiter) bestehenden Zwischenbereiche des Filmwellenleiters z. B. mechanisch oder chemisch zu durchtrennen. Die laterale Verbindung der Lichtwellenleiter durch die Zwischenbereiche des Filmwellenleitermaterials ist jedoch für eine einmodige Wellenleitung nötig. Bei einer Unterbrechung würden an den Unterbrechungsgrenzflächen Reflexionen auftreten, die zu einer Modenbeeinflussung führen und die innerhalb der Lichtwellenleiter geführte Strahlung in unerwünschter Weise mehrmodig machen würden. Mehrmodige Strukturen sind aber z. B. bei auf Einmoden-Verhältnisse angewiesenen optischen Komponenten nicht tolerierbar.

Aus der US-PS 3,947,840 ist ein integriertes Leuchtdioden-Anzeigefeld bekannt, bei dem zwischen den eigentlichen Leuchtdioden bestehende Zwischenbereiche mittels Dotierung in ihrer Eigenschaft zur Lichtführung beeinträchtigt worden sind. Die dazu von der US-PS 3,947,840 gelehrtten Maßnahmen sind jedoch im wesentlichen nur bei transparenten und vertikal durchstrahlten Halbleitersubstraten anwendbar.

Aus der US-PS 4,929,515 ist eine Anordnung zur optischen Isolation mehrerer optischer oder elektrooptischer Komponenten bekannt, die in einem gemeinsamen Substrat als integrierte Optik ausgebildet sind. Um bei dieser bekannten Anordnung ein Übersprechen zu verhindern, sind diesbezüglich kritische Substratbereiche von dem übrigen Substratmaterial dadurch weitestgehend getrennt, daß von der horizontalen Oberseite des Substrats aus Schlitze erzeugt sind, die schräg aufeinander zulaufen und sich innerhalb des Substratmaterials kreuzen. Diese Schlitze können zusätzlich mit einem lichtabweisenden oder lichtabsorbierenden Material gefüllt sein. Diese Art der Isolation ist jedoch bei hochintegrierten komplexen Strukturen fertigungstechnisch außerordentlich aufwendig und auf Filmwellenleiter nur beschränkt anwendbar.

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Schaffung einer einfachen Anordnung zur optischen Isolation mehrerer Lichtwellenleiter, die als integrale nutzlchtführende Bereiche in einem Filmwellenleiter mit horizontalen Grenzflächen ausgebildet sind; wobei unerwünschtes Streulicht zwischen den Lichtwellenleitern stark und von ihrer Polarisierung möglichst unabhängig gedämpft wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Anordnung zur optischen Isolation mehrerer Lichtwellenleiter, die als integrale nutzlchtführende Bereiche in einem Filmwellenleiter mit horizontalen Grenzflächen ausgebildet sind, wobei zumindest eine wellenabsorbierende Schicht zwischen den nutzlchtführenden Bereichen auf zumindest

einer der horizontalen Grenzflächen des Filmwellenleiters aufgebracht ist.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist darauf hinzuweisen, daß der nutzlchtführende Bereich des Filmwellenleiters durch verschiedene Maßnahmen definiert werden kann. Dabei wird die vertikale Wellenführung durch die Filmwellenleiterstruktur bzw. die Grenzschichten der Wellenleiterstruktur realisiert. Zur lateralen Führung in den nutzlchtführenden Bereichen kann beispielsweise der nutzlchtführende Bereich als erhabene Rippe des Filmwellenleitermaterials ausgebildet sein. Es ist aber auch möglich, die nutzlchtführenden Bereiche dadurch zu kreieren, daß in das Filmwellenleitermaterial in diesen Bereichen Stoffe höherer Brechzahl eindiffundiert werden. Die nutzlchtführenden Bereiche könnten auch als sog. streifenbelasteter Wellenleiter ausgebildet werden, indem auf die zur Nutzlchtführung vorgesehenen Bereiche des Filmwellenleiters ein Streifen aus einem Material mit höherem Brechungsindex als der Brechungsindex des Filmwellenleitermaterials aufgebracht wird.

Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die bestehende laterale Verbindung der nutzlchtführenden Bereiche (Lichtwellenleiter) sich nicht mehr negativ auf das Übertragungsverhalten und/oder das Funktionsverhalten der Lichtwellenleiter bzw. der optischen (die Lichtwellenleiter umfassende) Komponenten auswirkt. Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung ist dabei darin zusehen, daß entstehendes Streulicht unmittelbar am Entstehungsort – d. h. lateral neben den Lichtwellenleitern – durch Absorption eliminiert wird. Dadurch kann zwar das Streulicht ohne Rückreflexion – und damit ohne unerwünschte Modenbeeinflussung – in die durch die absorbierende Schicht verlustbehafteten Zwischenbereiche einkoppeln. Das Streulicht wird aber anschließend an der oder den mit der wellenabsorbierenden Schicht versehenen Grenzflächen absorbiert, bevor es benachbarte nutzlchtführende Bereiche erreichen kann. Dabei ist eine erhebliche Dämpfung auf einem äußerst geringen Wegstück möglich, was eine hohe Integrationsdichte der Lichtwellenleiter-Anordnung ermöglicht.

Je nach Ausbildung und Anwendungsfall kann ein unterschiedliches Reflexionsverhalten von transversal elektrisch polarisiertem Licht (TE-Licht) und transversal magnetisch polarisiertem Licht (TM-Licht) auftreten, wenn das Licht – wie ggf. bei der integrierten Optik – unter flachen Winkeln einfällt. In diesem Fall wird nämlich das TE-Licht an Grenzflächen noch vergleichsweise gut reflektiert. Eine an die Grenzfläche anschließende wellenabsorbierende Schicht kann daher auf TE-Streulicht nur wenig einwirken, was im Ergebnis zu einer schlechteren Dämpfung von TE-Streulicht gegenüber TM-Streulicht führt.

Diesbezügliche Untersuchungen haben gezeigt, daß es besonders vorteilhaft ist, die Dicke der wellenabsorbierenden Schicht so zu optimieren, daß sie möglichst gut von dem Feld des Streulichtes durchdrungen wird. Demgemäß sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Anordnung vor, daß die Dicke der wellenabsorbierenden Schicht kleiner als die Eindringtiefe des Lichtes in die Schicht bemessen ist. Die in der technischen Optik gebräuchliche Angabe der Eindringtiefe stellt im wesentlichen auf den Intensitätsverlauf des einfallenden Lichtes ab. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist somit unter Eindringtiefe annähernd die Tiefe zu verstehen, nach der Licht von einer ursprünglichen Intensität  $e$  auf den Wert  $1/e$  abgeklungen ist. Diese Bemessung der Schichtdicke hat sich in praktischen Versuchen als besonders vorteilhaft dargestellt, weil dabei die Grenzschicht auch von dem Feld elektrisch polarisierten Streulichtes durchdrungen wird. Damit treten höhere Feldamplituden innerhalb der anschließenden well-

lenabsorbierende Schicht auf, auf die die absorbierende Schicht unter entsprechend stärkerer Dämpfung des TE-Streulichtes einwirken kann.

In Hinblick auf eine polarisationsunabhängig gleichmäßige Dämpfung von Streulicht sieht eine besonders bevorzugte Fortbildung der Erfindung vor, daß die Dicke der wellenabsorbierenden Schicht so bemessen ist, daß die Dämpfung für transversal elektrisch und für transversal magnetisch polarisiertes Licht gleich groß ist. Die dazu erforderliche Schichtdicke läßt sich im Rahmen üblicher Routine-Versuche für nahezu jede Werkstoffpaarung von Filmwellenleitermaterial und wellenabsorbierendes Schichtmaterial bestimmen.

Die wellenabsorbierende Schicht kann grundsätzlich z. B. von einem Dielektrikum, einer Keramik oder beispielsweise einem Polymer (z. B. graphitversetztes Harz) bestehen. Fertigungstechnisch besonders bevorzugt ist die Verwendung einer Metallschicht als wellenabsorbierende Schicht, weil Metallschichten relativ dünn und fertigungstechnisch gut beherrschbar aufgebracht werden können. Insbesondere für Substrate mit kleinen Brechzahlen (z. B. Polymer oder Glas mit Brechzahlen von ungefähr 1,5) hat sich die Verwendung von Titan oder Chrom als wellenabsorbierende Schicht als besonders vorteilhaft erwiesen.

Bei Verwendung von Metallschichten erweisen sich Schichtdicken von 5 bis 50 nm, besonders von 10 bis 20 nm, als vorteilhaft.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung weiter erläutert; es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Anordnung im Querschnitt, und

Fig. 2 die auf Streulicht ausgeübte Dämpfung als Funktion der Dicke einer Metallschicht.

Gemäß Fig. 1 umfaßt die Anordnung einen Filmwellenleiter 1, der beispielsweise aus einem Polymer, vorzugsweise Benzocyclobuten (BCB), besteht. Der Filmwellenleiter kann zur vertikalen Wellenführung an seiner oberen Grenzfläche 2 und/oder an seiner unteren Grenzfläche 3 mit einer geeigneten Mantelschicht (Cladding), z. B.  $\text{SiO}_2$ , beschichtet sein. Die Anwendung derartiger Beschichtungen richtet sich in für den Fachmann geläufiger Weise nach den Brechungszahlen von Filmwellenleitermaterial und daran anschließendem Material. Im vorliegenden Fall ist der Filmwellenleiter auf einem Siliziumsubstrat 5 aufgebracht, dessen obere Schicht 6 durch Oxidation mit der vorgenannten Siliziumoxid-Schicht 7 (unterer Cladding-Layer) versehen ist. Grundsätzlich könnte auch das Siliziumsubstrat insgesamt als geeignetes Glas ( $\text{SiO}_2$ ) oder Polymer ausgebildet sein. Die obere horizontale Grenzfläche 2 des Filmwellenleiters könnte in bekannter Weise zur Vermeidung zu hoher Brechzahlssprünge von dem Filmwellenleitermaterial z. B. zur Umgebungsluft 8 mit einer weiteren Deckschicht versehen sein.

Der Filmwellenleiter 1 weist eine Vielzahl von nutzlichtführenden Bereichen auf, die als Lichtwellenleiter dienen. In Fig. 1 sind lediglich zwei derartige nutzlichtführende Bereiche 12, 14 dargestellt. Die vertikale Wellenführung in den nutzlichtführenden Bereichen erfolgt durch die Filmwellenleiterstruktur, d. h. die Filmwellenleiterschicht 1 und den darüber bzw. darunter liegenden Deckschichten mit geringeren Brechzahl. Die laterale Führung des Nutzlichtes in den Bereichen 12, 14 erfolgt im Ausführungsbeispiel durch Ausformung einer Rippe R aus dem Filmwellenleitermaterial. Die Rippe R kann beispielsweise eine Höhe von 10  $\mu\text{m}$  haben, während das übrige Filmwellenleitermaterial eine Schichtdicke von  $\mu\text{m}$  aufweist. Die Wellenführung kann aber auch in bekannter Weise durch einen entsprechend lokal erhöhten Brechungsindex des Filmwellenleitermaterials

in den nutzlichtführenden Bereichen gebildet sein.

In den zwischen den nutzlichtführenden Bereichen 12, 14 und weiteren nicht dargestellten Lichtwellenleitern bestehenden Zwischen- oder Verbindungsbereichen 15, 16, 17 aus Filmwellenleitermaterial könnte sich wie angedeutet Streulicht 20 lateral ausbreiten und zu Störungen benachbarter nutzlichtführende Bereiche führen. Diese Störungsgefahr ist nur zur Verdeutlichung in Fig. 1 durch Schraffur des nutzlichtführenden Bereich 12 angedeutet. Um die Störungsgefahr zu beseitigen sind die Bereiche 12, 14 optisch zu isoliert. Dazu ist zumindest jeweils eine wellenabsorbierende Schicht 22, 23, 24 zwischen den nutzlichtführenden Bereichen (z. B. 12, 14) auf einer – nämlich im Ausführungsbeispiel der unteren – horizontalen Grenzfläche 3 des Filmwellenleiters 1 aufgebracht. Da unmittelbar neben den Lichtwellenleitern 12, 14 jeweils die absorbierende Schicht 22, 23, 24 unmittelbar auf das Filmwellenleitermaterial aufgebracht ist, kann das an den Wellenleitern 12, 14 generierte Streulicht 20 zwar in die Zwischenbereiche 15, 16, 17 einkoppeln, wird jedoch sodann an der Grenzfläche 3 von der jeweiligen Schicht 22, 23, 24 absorbiert, bevor es benachbarte Lichtwellenleiter erreichen kann.

Die absorbierende Schicht kann in gleicher Weise zusätzlich oder alternativ auf der oberen horizontalen Grenzfläche 2 aufgebracht sein, wobei im Hinblick auf mögliche zu hohe Brechzahlssprünge ggf. eine zusätzliche Deckschicht auf die Grenzfläche 2 bzw. die absorbierende Schicht aufzubringen wäre. Insoweit ist die in der Fig. 1 gezeigte Anordnung besonders vorteilhaft. Grundsätzlich können wellenabsorbierende Schichten aber sowohl auf der unteren 3 als auch auf der oberen horizontalen Grenzfläche 2 aufgebracht werden.

Die Dicke der wellenabsorbierenden Schichten 22, 23, 24 ist kleiner als die Eindringtiefe des Lichtes in die Schicht bemessen. Die wellenabsorbierende Schicht besteht im Ausführungsbeispiel aus Titan und weist eine Dicke von 5 bis 100 nm, bevorzugt 10 bis 20 nm auf.

Besonders bevorzugt wird die Schicht (z. B. 15) so ausgebildet, daß beide im Streulicht 20 anzutreffenden Polarisationen (TE-Licht und TM-Licht) ein möglichst geringes Reflexionsverhalten am Übergang in die Schicht 15 zeigen und möglichst gleichmäßig gedämpft werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß TE-Licht an nahezu allen Grenzflächen noch gut reflektiert wird, wenn es unter flachen Winkeln einfällt. Dies würde bei einer großen Schichtdicke grundsätzlich zu einer schlechteren Dämpfung von TE-polarisiertem Streulicht führen. Die absorbierende Schicht sollte deshalb möglichst dünn ausgeformt werden, wobei jedoch mit abnehmender Schichtdicke die Dämpfungswirkung auf TM-polarisiertes Licht abnimmt.

Diese Zusammenhänge sind in Fig. 2 für das Ausführungsbeispiel als Funktion der Dämpfung  $\alpha$  über der Titan-Schichtdicke SD auf einem Filmwellenleiter aus BCB mit 5  $\mu\text{m}$  Schichtdicke und beiderseitiger Beschichtung mit Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) bei einer Lichtwellenlänge von 1,55  $\mu\text{m}$  dargestellt. Die dargestellten Verhältnisse sind von den gewählten Materialpaarungen abhängig; die Lichtwellenlänge hat nur geringen Einfluß. Je nach Materialpaarung kann durch Messung der Dämpfungsanteile die jeweils optimale Schichtdicke OSD bestimmt werden. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist gemäß Fig. 2 zu erkennen, daß die Dämpfung für TM-polarisiertes Licht mit zunehmender Schichtdicke stark ansteigt, während ein Maximum der Dämpfung für TE-polarisiertes Streulicht bei einer gegen null tendierenden Schichtdicke erkennbar ist. Aus den jeweils dargestellten Zusammenhängen ergibt sich eine anzustrebende optimale Schichtdicke OSD, die durch ein annähernd gleiches Dämpfungsverhalten für TE- und TM-polarisiertes Streulicht charakterisiert ist. Diese Schichtdicke

OSD liegt im Bereich zwischen 10 und 20 nm, im konkreten Ausführungsbeispiel bei ca. 13 nm. Bei einer derartig bemessenen wellenabsorbierende Schicht wird die Grenzschicht 3 (Fig. 1) von dem Feld des Streulichtes noch so weit ausreichend durchdrungen, daß aufgrund der Feldamplituden innerhalb der absorbierenden Schicht 23 auch das TE-Streulicht ausreichend stark und annähernd gleich wie das TM-Streulicht gedämpft wird.

## Patentansprüche

1. Anordnung zur optischen Isolation mehrerer Lichtwellenleiter, die als integrale nutzlichtführende Bereiche (12, 14) in einem Filmwellenleiter (1) mit horizontalen Grenzflächen (2, 3) ausgebildet sind, wobei zumindest eine wellenabsorbierende Schicht (23) zwischen den nutzlichtführenden Bereichen (12, 14) auf zumindest einer der horizontalen Grenzflächen (3) des Filmwellenleiters (1) aufgebracht ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke (SD) der wellenabsorbierenden Schicht (23) kleiner als die Eindringtiefe des Lichtes in die Schicht (23) bemessen ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke (SD) der wellenabsorbierenden Schicht (23) so bemessen ist, daß die Dämpfung für transversal elektrisch und für transversal magnetisch polarisiertes Licht gleich groß ist.
4. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die wellenabsorbierende Schicht (23) eine Metallschicht ist.
5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die wellenabsorbierende Schicht (23) aus Titan oder aus Chrom besteht.
6. Anordnung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die wellenabsorbierende Schicht (23) eine Dicke von 5 bis 50 nm, bevorzugt von 10 bis 20 nm, aufweist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

---

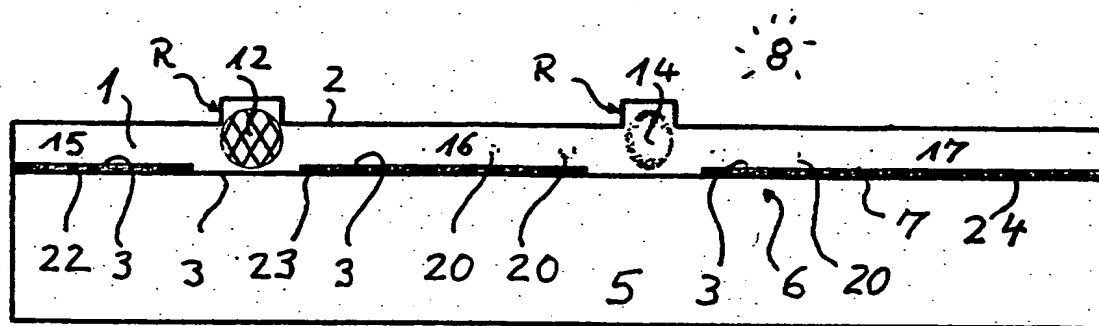
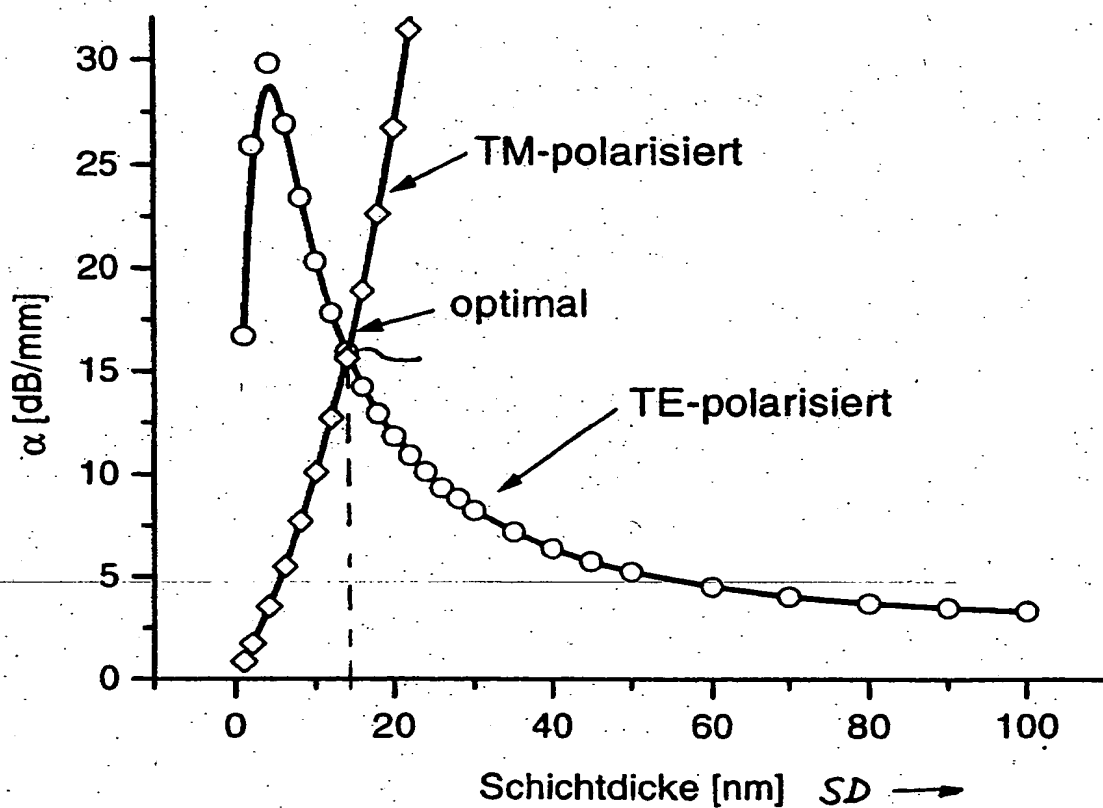


FIG 1



Dämpfung als Funktion der Ti-Schichtdicke

FIG 2